

В.В. ПАНКРАТОВ, Е.А. ЗИМА, О.В. НОС

# ИЗБРАННЫЕ РАЗДЕЛЫ ТЕОРИИ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

НОВОСИБИРСК  
2011

УДК 681.5.01(075.8)

П 164

Рецензенты:

д-р техн. наук, профессор *В.Д. Юркевич*

д-р техн. наук, доцент *В.Н. Аносов*

**Панкратов В.В.**

П 164 Избранные разделы теории автоматического управления : учеб. пособие / В.В. Панкратов, О.В. Нос, Е.А. Зима. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2011. – 223 с. (Серия «Учебники НГТУ»).

ISBN 978-5-7782-1810-9

Излагаются специальные разделы теории автоматического управления, традиционно изучаемые в НГТУ студентами электротехнического и машиностроительного профиля. Рассмотрены методы модального управления и наблюдатели Люенбергера. Обсуждаются методы синтеза систем автоматического управления нелинейными и нестационарными объектами, основанные на принципе «глубокой» обратной связи по производным выхода. Рассматриваются основы теории оптимального управления и классические задачи оптимального управления электроприводами постоянного тока. Приведены вопросы для самоконтроля, примеры решения задач, задания на расчетно-графическую работу и лабораторный практикум.

Адресовано студентам, обучающимся по направлениям подготовки 220700 – Автоматизация технологических процессов и производств, 151900 – Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств, 140400 – Электроэнергетика и электротехника, специальностям 140604 – Электропривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов, 220301 – Автоматизация технологических процессов и производств, а также может быть полезно магистрантам и аспирантам, специализирующимся в указанных областях.

УДК 681.5.01(075.8)

ISBN 978-5-7782-1810-9

© Панкратов В.В., Нос О.В., Зима Е.А., 2011

© Новосибирский государственный  
технический университет, 2011

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие.....	9
<b>ЧАСТЬ 1. МОДАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ И НАБЛЮДАТЕЛИ .....</b>	<b>11</b>
1.1. Метод модального управления и управляемость линейных стационарных объектов .....	11
1.2. Наблюдаемость линейных объектов и наблюдатели полного порядка .....	16
1.3. Наблюдатели пониженного порядка .....	19
1.4. Свойства систем с модальным управлением и наблюдателями Люенбергера.....	22
1.5. Преимущества и недостатки «классического» модального управления .....	25
1.6. Модифицированный модальный метод .....	26
Вопросы для самоконтроля .....	31
Библиографический список.....	32
Приложения .....	33
П1.1. Стандартные линейные формы и распределения корней характеристического полинома .....	33
П1.2. Примеры синтеза линейных САУ модальным методом при полных и неполных измерениях .....	41
П1.3. Задание на расчетно-графическую работу .....	62
П1.4. Лабораторный практикум .....	70
<b>ЧАСТЬ 2. МЕТОДЫ СИНТЕЗА СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ, МАЛОЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ К ИЗМЕНЕНИЯМ ПАРАМЕТРОВ: ОДНОКАНАЛЬНЫЕ НЕПРЕРЫВНЫЕ ОБЪЕКТЫ .....</b>	<b>75</b>
Введение.....	75
2.1. Проблема синтеза алгоритмов управления в условиях неопределенности .....	79
2.1.1. Модель управляемого процесса и цель управления .....	79

2.1.2. Обратные модели управляемых процессов .....	81
2.1.3. Закон управления как алгоритм решения конечного уравнения .....	84
2.1.4. Метод разделения движений в задачах синтеза систем с раз- тепмовыми процессами .....	85
2.1.5. О принципе глубокой обратной связи .....	88
2.2. Метод больших коэффициентов .....	90
2.2.1. Основные положения метода .....	90
2.2.2. Дифференцирующие фильтры и их применение .....	93
2.2.3. Методика расчета систем с большими коэффициентами .....	96
2.2.4. Астатические законы управления в САУ с большими коэффи- циентами .....	99
2.2.5. Предельное управление и учет ресурсных ограничений .....	101
2.2.6. О синтезе квазинепрерывных систем с большими коэффи- циентами в законе управления .....	103
2.3. Метод скользящих режимов .....	105
2.3.1. Предпосылки и теоретические основы метода .....	105
2.3.2. Реальные скользящие режимы и способы обеспечения их малой чувствительности к состоянию и вариациям параметров объекта управления .....	109
2.3.3. Методика расчета систем с прямым разрывным управлением в скользящем режиме .....	111
2.3.4. Иллюстрация основных свойств метода на примере системы вто- рого порядка .....	111
2.4. Метод локализации .....	121
2.4.1. Идеиные основы метода .....	121
2.4.2. Особенности синтеза контура быстрых движений в системах с управлением по старшей производной .....	123
2.4.3. О синтезе астатических систем со старшей производной выхода в законе управления .....	126
2.5. Метод сигнально адаптивной обратной модели .....	128
2.5.1. Идея метода .....	128
2.5.2. Модельный пример САУ нестационарным линейным объектом .....	133
Вопросы для самоконтроля .....	139

Библиографический список.....	140
Приложения .....	145
П2.1. Применение метода больших коэффициентов в задаче управления технологическим процессом на базе асинхронного двигателя .....	145
П2.2. Синтез трехконтурной системы позиционного электропривода посто- янного тока с прямым разрывным управлением.....	162
П2.3. Применение метода локализации в задаче управления положением подъемно-транспортного механизма .....	172
<b>ЧАСТЬ 3. ОСНОВЫ ТЕОРИИ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ .....</b>	<b>189</b>
Введение.....	189
3.1. Элементы классического вариационного исчисления.....	192
3.1.1. Задача о безусловном экстремуме функционала – простейшая за- дача вариационного исчисления .....	192
3.1.2. Нахождение оптимального характеристического полинома ли- нейной системы.....	195
3.1.3. Оптимальное по критерию минимума потерь энергии управление позиционным электроприводом постоянного тока. Синтез с по- мощью уравнения Эйлера–Пуассона.....	196
3.1.4. Постановка задачи оптимального управления с закрепленными концами и фиксированным временем.....	200
3.1.5. Задача об условном экстремуме функционала. Метод множе- телей Лагранжа.....	202
3.1.6. Синтез оптимального по критерию минимума потерь энергии управления позиционным электроприводом на основе метода Лагранжа.....	204
3.2. Элементы неклассического вариационного исчисления.....	205
3.2.1. Принцип максимума Л.С. Понтрягина.....	205
3.2.2. Линейная задача максимального быстродействия.....	207
3.2.3. Синтез оптимального по быстродействию программного управ- ления позиционным электроприводом .....	209
3.2.4. Синтез оптимального по быстродействию закона управления по- зиционным электроприводом в классе алгоритмов с обратной связью.....	211

3.3. Динамическое программирование.....	213
3.3.1. Предварительные замечания.....	213
3.3.2. Функциональное уравнение Беллмана и алгоритм синтеза оптимальных управлений.....	214
3.3.3. Линейно-квадратичные задачи оптимального управления.....	216
Вопросы для самоконтроля .....	221
Библиографический список.....	222